

## 저온초미분쇄에 따른 수수가루의 이화학적 특성

김현영 · 서혜인 · 고지연 · 김정인 · 이재생 · 송석보 · 정태욱 ·  
김기영 · 박도연 · 오인석 · 정현상\* · †우관식  
농촌진흥청 국립식량과학원 기능성작물부, \*충북대학교 식품공학과

### Physicochemical Characteristics of the Sorghum(*Sorghum bicolor* L. Moench) Powder following Low Temperature-Microparticulation

Hyun-Young Kim, Hye-In Seo, Jee-Yeon Ko, Jung-In Kim, Jae-Saeng Lee, Seuk-Bo Song, Tae-Wook Jung, Ki-Young Kim, Do-Yeon Kwak, In-Seok Oh, Heon-Sang Jeong\* and †Koan-Sik Woo

Dept. of Functional Crop, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Gyeongnam 627-803, Korea

\*Dept. of Food Science and Technology, Chungbuk National University, Chungbuk 361-763, Korea

#### Abstract

Two sorghum(*Sorghum bicolor* L. Moench cv. Hwanggeumchal-susu and Miryang 3) samples were milled using different milling methods, and their physicochemical properties were tested. Particle size was classified into five groups such as pin mill and low temperature-microparticulation(LTM; 10,000, 20,000, 30,000, and 40,000 rpm). The water absorption index (WAI), water solubility index(WSI), and a rapid Visco analyzer(RVA) were used to examine particle size distribution and color differences. Particle size of sorghum flour prepared using LTM was lower than that prepared using a pin mill. Particle size was further reduced by successive dry milling of the LTM flour. Lightness of colored pigments increased when particle size decreased. The WAI of Miryang 3 pin milling(M1) flour was the lowest after LTM, and WSI was higher in the order of M2, M3, M4, and M5. LTM sorghum flour had significantly higher pasting viscosity, as determined using a rapid Visco analyzer. LTM Miryang 3 sorghum flour(M2~M5) flour showed lower breakdown viscosity and higher final viscosity compared to those of M1 flour, resulting in an increased setback value.

Key words: low temperature-microparticulation, sorghum(*Sorghum bicolor* L. Moench), milling method, physicochemical characteristics

#### 서론

수수(*Sorghum bicolor*)는 외떡잎식물로 벼목 화본과에 속하는 한해살이풀로 북아프리카와 아시아에 걸쳐서 식용으로 재배되고 있다. 열대 아프리카가 원산지로서 가뭄 방지 작물이라고 불릴 정도로 건조한 환경에서 잘 자라는 특징을 가지고 있으며, 세계에서 밀, 벼, 보리, 옥수수 다음으로 수확량이 많은 작물로 알려져 있다(Ryu 등 2006). 용도에 따라서 곡식용 수수(grain sorghum), 단수수(sorgo), 소경수수(장목수수; broom-com)가

재배되고 있으며, 아시아, 아프리카 및 중미 지역에서 재배되고 있는 주요 식량자원이다(Chang 등 2005).

수수의 주요 성분들은 tannins, phenolic acids, antocyanins, phytosterols, policosanols 등으로(Dykes 등 2006, Awika 등 2004), 특히 수수에 많이 함유되어 있다고 알려져 있는 tannins은 항산화 활성에 영향을 미치는 것으로 보고되어진 바 있다(Dykes 등 2005). 또한 수수는 항암(Awika 등 2009), 항돌연변이(Kwak 등 2004), 발암 promotion 억제효과(Choi 등 1998)가 보고되었으며, 다른 곡류에서 발견되지 않은 3-deoxyflavonoids는 강한

† Corresponding author: Koan Sik Woo, Dept. of Functional Crop, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Gyeongnam 627-803, Korea. Tel: +82-55-350-1269, Fax: +82-55-352-3059, E-mail: wooks@korea.kr

항산화 활성을 나타내었다(Dicko 등 2005). 또한, 우리나라뿐만 아니라, 일본, 중국, 인도, 중남미에서는 술, 과자, 떡, 엿 등의 다양한 형태로 수수를 섭취하고 있으며, 최근 수수 첨가 두부를 제조, 관능 및 활성이 우수한 수수 첨가 두부를 제조한 Woo 등(2009)의 연구보고가 있으며, 수수의 도정 부위별 항산화 능력 및 활성을 보고한 Woo 등(2010)의 연구도 진행되었다.

한편, 일반식품의 분말 연구는 분쇄기 종류에 따른 보리가루의 이화학적 특성에 관한 연구(Lee 등 1996)를 비롯하여 국내·외에서 활발하게 진행되어져 오고 있으며, Kim 등(1993)은 분쇄기 종류를 달리한 쌀가루 및 제품의 특성에 미치는 영향을 보고한 바 있다. 또한 태국에서 자생하는 명아주과 식물인 Djulis를 입자 크기별로 나누어 실험한 결과, 입자 크기가 미세할수록 항산화 활성 및 생리활성이 높은 것으로 보고하였으며, 그 외 분쇄 가공 기술에 대한 연구는 분쇄기의 종류를 달리한 후 식품의 이화학적 특성을 연구하였다(Park 등 1988). 국내의 분쇄 가공 산업은 오랜 개발 기간에도 불구하고 다른 산업에 비해 연구 개발 정도가 뒤떨어진 분야이기도 하고, 국내 식품 가공 공장에서 사용되고 있는 분쇄기는 해머 밀, 롤 밀 및 핀 밀 등이 주로 사용되고 있으나, 분쇄가공 방법 및 시설은 매우 후퇴되어 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 두 품종의 수수를 저온초미분쇄기를 이용하여 얻은 4단계의 다른 입자 크기의 수수 분말을 각각의 입자 크기별 이화학적 특성을 검토하여 최적의 입자 크기를 찾고 우수한 가공법을 확립하는 기초자료로 제공하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 시험 재료 및 분쇄방법

본 연구에 사용된 수수는 국립식량과학원 기능성작물부에서 2011년 생산된 황금찰수수과 밀양3호를 사용하였다. 시료를 시험용 도정기(Ssang Yong MachineInd., Incheon, Korea)로 1분간 도정하여 겨층을 일부 제거하여 현미상태의 시료를 사용하였으며, 시료의 분쇄는 핀밀분쇄와 저온초미분쇄 방법을 이용하였다. 핀밀분쇄는 Pin-type Mill(DK201, Sejung Tech, Daegu, Korea)을 이용하여 4,600 rpm으로 분쇄하였으며, 저온초미분쇄는 실험실용 저온초미분쇄기(HKP-05, Korea Energy Technology, Seoul, Korea)를 이용하여 분쇄기의 온도는  $-20^{\circ}\text{C}$ 로 설정하여 시료의 온도 상승을 억제하였고, 120 mesh의 필터를 장착하여 각각을 10,000, 20,000, 30,000 및 40,000 rpm의 속도로 고속회전 분쇄하여 얻어진 수수 분말을 시료로 사용하였다.

### 2. 입도 분석 및 미세구조 관찰

분쇄된 수수 분말 시료의 입도 분석은 Particle Size Analyser

(Beckman Coulter LS200, Boulevard Brea, CA, USA)를 이용하였고, 수수 분말 0.1 g을 취하여 에탄올에 넣고 분산시킨 후, 10회 반복하여 입자의 직경, 평균입자직경 등을 측정하였다. 분쇄조건에 따른 수수 분말 시료의 미세구조는 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope, Hitachi, Tokyo, Japan)을 이용하여 gold-palladium으로 진공상태에서 120초간 코팅시킨 후 5 kV에서 500배로 미세구조를 관찰하였다.

### 3. 색도 측정

수수가루의 색도는 색차계(Color difference meter, CR-300, Minolta, Osaka, Japan)를 사용하여 명도 L(lightness), 적색도 a(redness) 및 황색도 b(yellowness)의 색도를 조사하였으며, 이때 사용된 표준 백판의 L값은 98.9, a값은  $-0.1$ , b값은  $-0.36$ 이었다.

### 4. 수분흡수지수(WAI) 및 수분용해도지수(WSI)

수수가루의 수분흡수지수(water absorption index; WAI)와 수분용해도지수(water solubility index; WSI)는 Anderson(1982)의 방법에 의해 측정하였다. 즉, 수수가루 2.5 g과 30 ml 증류수를 50 ml 원심분리 튜브에 넣고 분산시킨 후, 상온에서 45분 동안 흔들어준 다음 3,000 rpm에서 10분간 원심분리하였다. 상등액 전부를 미리 항량을 구한 수분정량 수기에 담아  $105^{\circ}\text{C}$ 에서 하룻밤 건조하여 남은 고형분량을 측정하여 2.5 g 시료에 대한 백분율로서 수분용해도지수를 산출하였다. 수분흡수지수는 원심분리하여 침전된 침전물의 무게를 측정하여 건조시료 1 g에 함유된 수분함량 g으로 계산하였다.

### 5. Rapid Visco-Analyzer(RVA) 호화 특성 측정

분쇄별 수수가루의 호화양상을 신속점도측정계(Rapid Visco-Analyzer, Newport Scientific, Sydney, Australia)로 점도 변화를 측정하였다. 즉, 수수가루 3.5 g(14% moisture basis)을 증류수에 분산시켜 25 ml로 조제한 시료를 RVA cup에 넣고  $50^{\circ}\text{C}$ 에서 1분간 유지한 후 분당  $12.16^{\circ}\text{C}$  속도로  $95^{\circ}\text{C}$ 까지 증가시켰으며,  $95^{\circ}\text{C}$ 에서 2.5분간 유지시킨 후 다시  $11.84^{\circ}\text{C}$ 의 속도로  $50^{\circ}\text{C}$ 로 냉각시켜 측정하였다. 이로부터 호화개시온도(initial pasting temperature), 최고점도(peak viscosity), 최저점도(trough,  $95^{\circ}\text{C}$ 에서 2.5분 후의 점도),  $50^{\circ}\text{C}$ 로 냉각후의 최종점도(final viscosity)를 측정하였다.

### 6. 통계분석

모든 데이터는 3회 반복 측정하였으며,  $\text{mean} \pm \text{S.D.}$ 로 표현하였다. 통계분석은 SAS version 9.2(statistical analysis system, SAS Institute, Cary, NC, USA) program을 이용하여 각 처리군의 평균과 표준편차를 산출하고, Duncan's multiple range test

를 이용하여 유의성을 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 수수가루의 입도분포 및 미세구조

건조된 황금찰수수 및 밀양3호를 핀밀로 분쇄한 것을 각각 H1 및 M1이라고 명명하고, H1 및 M1을 이용하여 저온초미분쇄하여 나머지 시료를 얻었다. 저온초미분쇄의 분쇄속도를 10,000, 20,000, 30,000 및 40,000 rpm으로 조절하여 얻은 시료를 각각 H2, H3, H4, H5 및 M2, M3, M4, M5라 하였다. 이렇게 얻은 입자 크기별 수수 분말 시료를 입도분포, 평균입자직경 및 중간 값을 측정하였고, 그 결과는 Table 1과 같다. 평균값 및 중간값은 품종 간에는 큰 차이를 보이지 않았으며, 분쇄속도별 약간의 차이가 나타났다. 황금찰수수의 경우, 핀밀로 분쇄하였을 경우 평균 78.841  $\mu\text{m}$ 로 나타났고, 저온초미분쇄의 속도별 입도 크기는 29.133, 16.877, 16.502 및 15.618  $\mu\text{m}$ 로 나타났다. H1은 저온초미분쇄한 H2보다 50  $\mu\text{m}$  만큼 큰 수치를 보였으며, 입자의 크기가 가장 작은 H5보다는 약 5배 가량 큰 수치를 보였다. 또한 밀양3호는 핀밀로 분쇄한 경우, 78.039  $\mu\text{m}$ 로 황금찰수수와 비슷한 크기로 나타났고, 분쇄속도별 입도는 22.767, 18.795, 16.910 및 16.842  $\mu\text{m}$ 로 분쇄속도가 증가할수록 입도 크기가 작아지는 경향으로 나타났다. 입도분포 10%와 90%에서 H1은 각각 9.079 및 178.445  $\mu\text{m}$ 로 나타났고, M1은 각각 10.485 및 183.163  $\mu\text{m}$ 로 핀밀로 분쇄시 넓

은 입도분포를 나타냈다. 반면, 저온초미분쇄로 분쇄한 H5는 각각 5.567 및 28.494  $\mu\text{m}$ 로 나타났고, M5의 경우 각각 6.496 및 29.835  $\mu\text{m}$ 로 핀밀 분쇄 수수가루보다 좁은 범위의 입도분포를 나타냈다. 옥수수 전분의 입자의 크기와 입도를 분석한 연구에서는 전분의 입자 직경은 14.27  $\mu\text{m}$ 로 나타났으며, 초미분쇄 후 7.19  $\mu\text{m}$ 로 작아지는 것으로 보고하였고(Han 등 2009), 쌀전분의 경우에는 7.59  $\mu\text{m}$ 에서 6.06  $\mu\text{m}$ 으로 작아진다고 보고하였다(Han 등 2007). 각각의 수수분말의 입자 크기는 옥수수 및 쌀 전분보다 입자 크기가 컸으나 초미분쇄를 실시하였을 경우 크게 작아짐을 확인하였다. 또한 분쇄된 각 분말의 표면을 관찰하기 위하여 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope: SEM)을 이용하여 살펴본 결과, 분쇄 속도가 높아질수록 표면은 점점 거칠어지는 것을 알 수 있었으며, 밀양3호에 비하여 황금찰수수의 표면이 훨씬 더 거친 것으로 나타났다. Ku 등(1996)의 보고에서는 초미분쇄/공기분급을 이용한 대두피 분획물의 입도 및 미세구조를 관찰한 결과, 분쇄속도 및 공기분급속도가 증가할수록 입자의 모서리 부분이 대부분 타원형인 것으로 관찰되었으며, 옥수수수염 분말의 이화학적 특성을 연구한 Cha 등(2012)의 연구에 따르면 분말의 입자모양이 다각형이며, 입자 크기가 작아질수록 입자의 표면이 거친 것으로 나타났다.

### 2. 분쇄속도별 수수가루의 색도

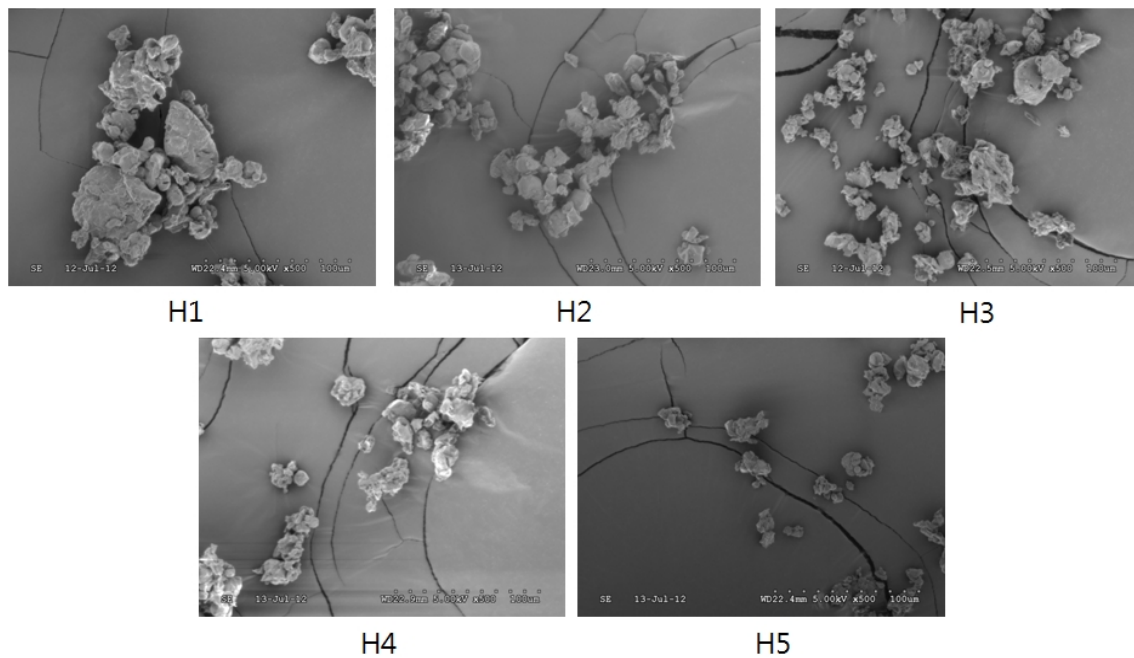
분쇄속도별 각 수수분말인 H1-M5의 색도 차이(명도, 적색

Table 1. Diameter of the sorghum powder particles according to different pulverizing methods

Sample <sup>1)</sup>	Particle diameter( $\mu\text{m}$ )				
	Mean	Median	d10 <sup>2)</sup>	d90 <sup>3)</sup>	
Hwanggeumchal-susu	H1	78.841 $\pm$ 2.447 <sup>a5)</sup>	61.604 $\pm$ 2.870 <sup>a</sup>	9.079 $\pm$ 0.157 <sup>b</sup>	178.445 $\pm$ 4.344 <sup>b</sup>
	H2	29.133 $\pm$ 0.008 <sup>b</sup>	20.519 $\pm$ 0.222 <sup>c</sup>	6.794 $\pm$ 0.102 <sup>de</sup>	62.344 $\pm$ 0.232 <sup>c</sup>
	H3	16.877 $\pm$ 0.684 <sup>e</sup>	14.339 $\pm$ 0.407 <sup>f</sup>	5.697 $\pm$ 0.186 <sup>e</sup>	31.160 $\pm$ 1.065 <sup>f</sup>
	H4	16.502 $\pm$ 0.428 <sup>e</sup>	14.265 $\pm$ 0.393 <sup>f</sup>	5.601 $\pm$ 0.123 <sup>e</sup>	30.595 $\pm$ 0.802 <sup>f</sup>
	H5	15.618 $\pm$ 0.016 <sup>e</sup>	13.626 $\pm$ 0.001 <sup>f</sup>	5.567 $\pm$ 0.031 <sup>e</sup>	28.494 $\pm$ 0.082 <sup>f</sup>
Miryang 3	M1	78.039 $\pm$ 0.054 <sup>a</sup>	54.779 $\pm$ 0.430 <sup>b</sup>	10.485 $\pm$ 0.047 <sup>a</sup>	183.163 $\pm$ 0.578 <sup>a</sup>
	M2	22.767 $\pm$ 0.270 <sup>c</sup>	18.494 $\pm$ 0.223 <sup>d</sup>	8.378 $\pm$ 0.145 <sup>c</sup>	39.607 $\pm$ 0.373 <sup>d</sup>
	M3	18.795 $\pm$ 0.063 <sup>d</sup>	16.473 $\pm$ 0.067 <sup>c</sup>	6.949 $\pm$ 0.081 <sup>d</sup>	33.788 $\pm$ 0.090 <sup>e</sup>
	M4	16.910 $\pm$ 0.311 <sup>e</sup>	15.126 $\pm$ 0.309 <sup>ef</sup>	6.608 $\pm$ 0.225 <sup>ef</sup>	29.786 $\pm$ 0.449 <sup>f</sup>
	M5	16.842 $\pm$ 0.152 <sup>e</sup>	14.941 $\pm$ 0.134 <sup>ef</sup>	6.496 $\pm$ 0.125 <sup>f</sup>	29.835 $\pm$ 0.196 <sup>f</sup>

<sup>1)</sup> H1: Hwanggeumchal-susu by pin mill, H2: Hwanggeumchal-susu by low temperature-microparticulation(LTM) at 10,000 rpm, H3: Hwanggeumchal-susu by LTM at 20,000 rpm, H4: Hwanggeumchal-susu by LTM at 30,000 rpm, H5: Hwanggeumchal-susu LTM at 40,000 rpm. M1: Miryang 3 by pin mill, M2: Miryang 3 by LTM at 10,000 rpm, M3: Miryang 3 LTM at 20,000 rpm, M4: Miryang 3 LTM at 30,000 rpm, M5: Miryang 3 at 40,000 rpm. <sup>2)</sup> d10: The particle size of the minimum 10%, measurement. <sup>3)</sup> d90: The particle size of the minimum 90%, measurement. <sup>4)</sup> Each value is mean $\pm$ S.D.(n=10).

<sup>5)</sup> Any means in the same column followed by the same letter are not significantly( $p<0.05$ ) different by Duncan's multiple range test.



**Fig. 1.** The microstructure( $\times 500$ ) of the sorghum powder pulverized at different rates(*Sorghum bicolor* L. Moench cv. Hwanggeumchal-susu). H1: Hwanggeumchal-susu by pin mill, H2: Hwanggeumchal-susu by low temperature-microparticulation (LTM) at 10,000 rpm, H3: Hwanggeumchal-susu by LTM at 20,000 rpm, H4: Hwanggeumchal-susu by LTM at 30,000 rpm, H5: Hwanggeumchal-susu LTM at 40,000 rpm.

도, 황색도)를 측정된 결과는 Table 2와 같다. 황금찰수수의 경우 분쇄속도가 빨라지고 입도 크기가 작아질수록 명도(L)는 증가하고 적색도(a) 및 황색도(b)는 그 변화의 폭이 매우 미미했으나, 밀양3호의 경우에는 명도(L), 적색도(a) 및 황색도(b) 모두 증가하였다. 특히 밀양3호 핀밀 분쇄인 M1의 적색도(a)의 경우 6.46으로 나타난 반면, M5의 경우 8.30으로 적색도가 증가하였고, 황색도도 M1이 8.34, M5가 10.51로 적색도와 마찬가지로 분쇄속도가 증가하고 입도 크기가 작아질수록 증가하였다. Cha 등(2012)의 보고에서 옥수수수염 분말의 입자 크기별 색도 변화를 살펴보면 본 연구와 유사하게 분쇄속도가 증가하고 입도 크기가 작아질수록 명도는 증가한다고 보고하였으나, 적색도와 황색도는 수수 분말을 이용한 본 연구와 상이하게 나타났으며, 고구마의 육질색 종류별 고구마 분말의 이화학적 특성을 연구(Kim 등 2010)한 보고에 따르면 분쇄 조건별 다양한 색도를 나타내었다. 입도가 작아지면 대부분의 분말은 명도가 증가하며 밝아지는 경향을 나타냈으며, 적색도와 황색도는 재료에 따라 다양할 것으로 판단된다.

### 3. 분쇄속도별 수수가루의 수분흡수지수 및 수분용해도지수

분쇄속도별 수수가루의 수분흡수지수(WAI)와 수분용해도지수(WSD)는 Table 2와 같다. 수분흡수능(water absorption capacity)

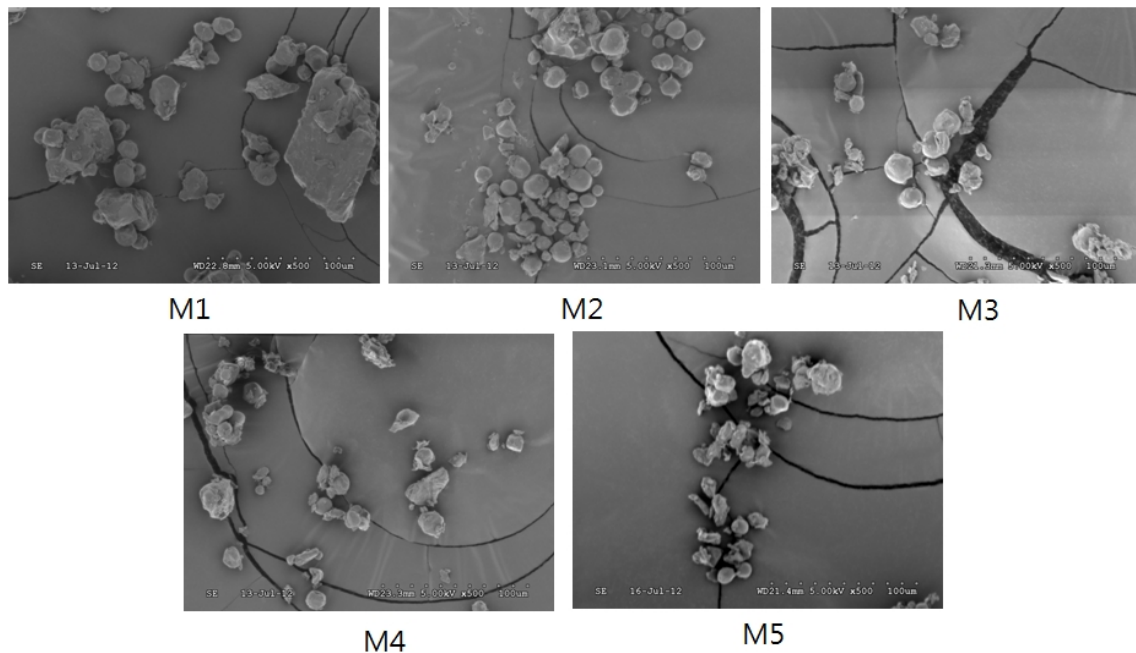
은 가루가 수분을 흡수하고 팽윤하여 식품에서 점도를 향상시킬 수 있는 능력을 의미하며, 수분용해도는 가루가 수분에 용해되는 정도를 의미한다. 황금찰수수 및 밀양3호 두 품종 모두 분쇄입자가 작아질수록 수분흡수능은 감소하고, 수분용해도는 증가하는 경향을 나타냈다. 황금찰수수 핀밀분쇄 H1의 경우 수분흡수율이 1.99 g/g으로 나타났으나, 저온초미분쇄한 H5는 1.53 g/g으로 감소하는 경향을 보였으며, 반면 수분용해도는 9.63%에서 13.07%로 크게 증가하는 것으로 나타났다. 또한 밀양3호 핀밀 분쇄한 M1 및 저온초미분쇄한 M5 각각 2.04 g/g 및 1.79 g/g으로 나타나, 황금찰수수와 마찬가지로 입도가 작아질수록 수분흡수율은 감소하는 경향을 보였으며, 수분용해도지수의 경우 각각 5.89%에서 6.48%로 증가하였으나 황금찰수수보다 미미하게 증가하였다. 전체적으로 입도 크기가 작아질수록 물에 용해되는 능력은 월등히 증가하였으며, 수분을 흡수하고 팽윤하는 정도는 감소하였다. 이는 분말의 입도 크기가 작아질수록 물에 용해되고 결합되는 능력이 향상되기 때문이라고 판단된다. Lee 등(2011)의 아밀로스 함량이 다른 현미의 제분방법별 이화학적 특성을 연구한 보고에 의하면, 수분흡수지수는 큰 차이를 보이지 않았으나, 수분용해도에서는 차이가 큰 것으로 나타나 본 연구와 유사한 결과를 나타냈으며, 쌀가루 물 결합력의 경우에도(Kim 등 2010) 비슷한 경향을 나타냈다.

**Table 2. Color, water absorption index(WAI), and water solubility index(WSI) of sorghum powder particles according to different pulverizing methods**

Sample <sup>1)</sup>	Color			WAI(g/g) <sup>2)</sup>	WSI(% <sup>3)</sup>	
	L(lightness)	a(redness)	b(yellowness)			
Hwanggeumchal -susu	H1	72.72±0.072 <sup>4)d5)</sup>	6.52±0.075 <sup>d</sup>	12.05±0.137 <sup>a</sup>	1.99±0.017 <sup>ab</sup>	9.63±0.118 <sup>c</sup>
	H2	77.84±0.053 <sup>c</sup>	6.11±0.010 <sup>g</sup>	11.06±0.057 <sup>d</sup>	1.69±0.017 <sup>de</sup>	13.24±0.428 <sup>a</sup>
	H3	79.39±0.217 <sup>b</sup>	6.62±0.040 <sup>c</sup>	11.33±0.052 <sup>c</sup>	1.74±0.160 <sup>de</sup>	11.18±0.371 <sup>b</sup>
	H4	79.61±0.026 <sup>b</sup>	6.36±0.038 <sup>f</sup>	11.38±0.050 <sup>c</sup>	1.65±0.028 <sup>ef</sup>	13.02±0.198 <sup>a</sup>
	H5	80.07±0.242 <sup>a</sup>	6.39±0.055 <sup>ef</sup>	11.52±0.066 <sup>b</sup>	1.53±0.001 <sup>f</sup>	13.07±0.038 <sup>a</sup>
Miryang 3	M1	68.06±0.222 <sup>h</sup>	6.46±0.026 <sup>de</sup>	8.34±0.015 <sup>h</sup>	2.04±0.027 <sup>a</sup>	5.89±0.043 <sup>g</sup>
	M2	69.76±0.010 <sup>g</sup>	8.41±0.025 <sup>a</sup>	10.31±0.045 <sup>g</sup>	1.70±0.021 <sup>de</sup>	8.27±0.039 <sup>d</sup>
	M3	70.54±0.121 <sup>e</sup>	8.29±0.020 <sup>b</sup>	10.38±0.045 <sup>g</sup>	1.74±0.014 <sup>de</sup>	7.05±0.093 <sup>e</sup>
	M4	70.69±0.217 <sup>c</sup>	8.39±0.067 <sup>a</sup>	10.78±0.092 <sup>e</sup>	1.91±0.034 <sup>bc</sup>	6.58±0.218 <sup>ef</sup>
	M5	70.07±0.045 <sup>f</sup>	8.30±0.079 <sup>b</sup>	10.51±0.108 <sup>f</sup>	1.79±0.082 <sup>cd</sup>	6.48±0.213 <sup>f</sup>

<sup>1)</sup> See the Table 1. <sup>2)</sup> Water absorption index. <sup>3)</sup> Water solubility index. <sup>4)</sup> Each value is mean±S.D.(n=3).

<sup>5)</sup> Any means in the same column followed by the same letter are not significantly( $p<0.05$ ) different by Duncan's multiple range test.



**Fig. 2. The microstructure(×500) of the sorghum powder pulverized at different rates(*Sorghum bicolor* L. Moench cv. Miryang 3). M1: Miryang 3 by pin mill, M2: Miryang 3 by LTM at 10,000 rpm, M3: Miryang 3 LTM at 20,000 rpm, M4: Miryang 3 LTM at 30,000 rpm, M5: Miryang 3 at 40,000 rpm.**

**4. 분쇄방법 별 수수가루의 RVA 호화특성**

황금찰수수 및 밀양3호 분말의 분쇄속도별 호화특성을 신속점도측정계(RVA)를 사용하여 측정한 결과는 Table 3과 같이 분쇄속도 및 입자 크기에 따라 호화양상에 차이가 있음을 알 수 있었다. 호화개시온도는 황금찰수수의 경우 분쇄속도별 72.65℃에서 73.33℃의 범위에서 나타났고, 밀양3호의 경

우 76.67℃에서 92.12℃로 황금찰수수에 비하여 호화온도가 높게 나타났다. 특히 밀양3호는 분쇄속도가 10,000 rpm인 M2의 경우 92.12℃로 나타나 핀밀로 분쇄한 M1의 76.67℃에 비해 약 20℃ 높은 호화 온도를 나타냈다. 최고점도(peak viscosity)는 189.45 RVU에서 96.50 RVU까지 다양하게 나타났으며, 황금찰수수의 경우 핀밀로 분쇄시 189.45 RVU로 높게 나타났

**Table 3. Rapid Visco-Analyzer(RVA) pasting properties of sorghum powder particles according to different pulverizing methods**

Sample <sup>1)</sup>	Pasting temp. (°C)	Peak viscosity (RVU) <sup>2)</sup>	Trough viscosity (RVU)	Breakdown <sup>3)</sup> (RVU)	Final viscosity (RVU)	Setback <sup>4)</sup> (RVU)	
Hwanggeumchal -susu	H1	72.65±0.721 <sup>5)c6)</sup>	189.45±9.378 <sup>a</sup>	93.50±6.136 <sup>bc</sup>	95.94±3.363 <sup>a</sup>	125.69±8.714 <sup>c</sup>	-63.75±0.830 <sup>h</sup>
	H2	73.35±1.950 <sup>c</sup>	121.78±1.711 <sup>cd</sup>	61.14±0.296 <sup>e</sup>	60.64±1.495 <sup>d</sup>	76.95±0.707 <sup>f</sup>	-44.83±1.041 <sup>f</sup>
	H3	73.02±1.030 <sup>c</sup>	131.97±0.593 <sup>b</sup>	65.03±0.774 <sup>e</sup>	66.95±0.458 <sup>bc</sup>	82.47±0.376 <sup>f</sup>	-49.50±0.221 <sup>fg</sup>
	H4	73.33±0.804 <sup>c</sup>	126.97±4.165 <sup>bc</sup>	62.08±0.648 <sup>e</sup>	64.89±3.952 <sup>c</sup>	79.03±1.215 <sup>f</sup>	-47.94±3.608 <sup>fg</sup>
	H5	73.33±0.382 <sup>c</sup>	131.11±1.253 <sup>b</sup>	62.08±0.661 <sup>e</sup>	69.03±1.253 <sup>b</sup>	78.92±0.726 <sup>f</sup>	-52.19±1.222 <sup>g</sup>
Miryang 3	M1	76.67±1.025 <sup>c</sup>	131.92±0.985 <sup>b</sup>	89.67±2.439 <sup>c</sup>	42.25±2.632 <sup>c</sup>	187.80±1.277 <sup>c</sup>	55.89±0.476 <sup>d</sup>
	M2	92.12±0.247 <sup>a</sup>	96.50±0.170 <sup>e</sup>	79.03±0.707 <sup>d</sup>	17.47±0.556 <sup>g</sup>	140.95±3.210 <sup>d</sup>	44.44±3.294 <sup>e</sup>
	M3	89.68±2.368 <sup>a</sup>	116.61±0.296 <sup>d</sup>	97.50±0.713 <sup>a</sup>	19.11±0.418 <sup>g</sup>	186.20±8.354 <sup>c</sup>	122.42±7.534 <sup>c</sup>
	M4	85.03±6.379 <sup>b</sup>	120.89±1.239 <sup>cd</sup>	93.08±0.629 <sup>bc</sup>	27.80±0.869 <sup>f</sup>	243.31±8.354 <sup>a</sup>	69.58±3.828 <sup>a</sup>
	M5	90.25±0.312 <sup>a</sup>	123.39±1.510 <sup>c</sup>	96.83±0.654 <sup>ab</sup>	26.56±1.967 <sup>f</sup>	235.11±1.711 <sup>b</sup>	111.72±1.279 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup> See the Table 1. <sup>2)</sup> Rapid Visco Units. <sup>3)</sup> Peak viscosity minus trough viscosity.

<sup>4)</sup> Final viscosity minus peak viscosity. <sup>5)</sup> Each value is mean±S.D.(n=3).

<sup>6)</sup> Any means in the same column followed by the same letter are not significantly( $p<0.05$ ) different by Duncan's multiple range test.

으나, 저온초미분쇄로 분쇄 후에는 121.78~131.97 RVU 범위로 최고점도가 감소하였다. 또한 밀양3호는 M1의 경우 131.92 RVU로 나타났고, M2에서 96.50 RVU로 가장 낮게 나타났으며, 입자가 가장 작은 M5의 경우 123.39 RVU로 분쇄속도가 증가할수록 M2보다 증가하는 경향을 나타냈다. 최저점도(trough viscosity)의 경우 밀양3호는 분쇄속도 및 입자 크기별 차이를 보이지 않았으나, 황금찰수수의 경우 H1 및 H5 각각 93.50 및 62.08 RVU로 나타나 분쇄속도가 증가할수록 감소하였다. 또한 최고점도와 최저점도 정도의 차이로서 아밀로스 함량과 부의 상관관계를 가지며, 가공 중의 열, 전단에 대한 저항성과 높은 상관성을 보이는 강하점도(breakdown viscosity)는 밀양3호보다 황금찰수수가 전반적으로 높게 나타났고, 또한 두 품종 모두 분쇄속도가 증가할수록 감소하였다. 핀밀 분쇄인 H1의 경우 95.94 RVU로 나타난 반면, H2는 60.64 RVU로 측정되었으며, M1의 경우 42.25 RVU에서 M2는 17.47 RVU로 크게 감소하였다. 또한 최종점도(final viscosity)의 경우, 황금찰수수는 분쇄속도가 빨라지고 입도가 작아질수록 감소하는 경향을 나타냈으나, 밀양3호의 경우 반대로 증가하는 경향을 나타냈다. H1의 경우 125.69 RVU인 반면 H2는 76.95 RVU로 저온초미분쇄 실시 후 크게 감소하였고, M1 및 M2 각각 187.80 RVU 및 140 RVU로 수치가 감소하였으나, 분쇄속도 30,000 rpm의 M4의 경우 243.31 RVU로 다시 증가하는 경향을 나타냈다. 전분의 노화 경향을 반영하는 치반점도(setback viscosity)는 값이 클수록 노화가 빠르게 진행되는 것을 뜻한다. 따라서 밀양3호보다 황금찰수수가 노화가 천천히 일어나는 것을 알 수 있다(Chun 등 2005; Lee 등 2009). 즉 황금찰수수

는 치반점도가 모두 ‘-’를 나타내는 반면, 밀양3호는 모두 ‘+’값을 나타냈다. 또한 황금찰수수는 핀밀분쇄 및 저온초미분쇄 모두 -63.75 RVU에서 -44.83 RVU 범위로 큰 차이를 나타내지 않았으나, 밀양3호의 경우 M1 및 M4는 각각 55.89 RVU 및 122.42 RVU로 분쇄속도가 빨라질수록 치반점도가 약 2배 이상 증가하였다. 이는 밀양3호가 황금찰수수보다 노화가 빨리 일어날 것으로 생각된다. Joung 등(2010)의 연구에 따르면 백합 구근을 일반분쇄 및 미분쇄 후 소맥분 대비 일정량을 첨가하여 제빵가공 특성을 연구한 보고에 따르면 백합 구근 미분쇄 분말의 첨가량이 증가할수록 호화개시온도가 증가하고, 최고점도 및 강하점도는 감소하는 경향을 나타냈다. 이는 수수가루의 입도 크기가 작아질수록 나타나는 경향과 유사한 경향을 나타냈다. 반면, 구근 분말을 첨가하였을 경우 치반점도는 감소하여 노화를 억제할 수 있는 능력을 나타낸 반면, 수수의 경우 밀양3호 품종의 경우 입도가 작아질수록 증가하는 경향을 나타내 본 연구와 다른 경향을 나타냈다.

## 요 약

본 연구에서는 황금찰수수 및 밀양3호를 일반 분쇄기와 저온초미분쇄기를 이용하여 얻은 5단계의 다른 입자 크기의 수수 분말을 각각의 입자 크기별 이화학적 특성을 검토하여 최적의 입자 크기를 찾고 우수한 가공법을 확립하고자 연구를 수행하였다. 분말의 입자 크기는 분쇄속도가 증가할수록 작아졌으며 품종간에는 큰 차이를 보이지 않았으며, 전자현미경관찰에서는 밀양3호보다 황금찰수수가 더 거친 입자를

확인하였다. 각 단계의 분말 색도 역시 품종간 차이는 크지 않았고, 명도는 입도가 작아질수록 증가하였으며, 황금찰수수의 경우 적색도와 황색도 역시 입도가 작아질수록 증가하는 경향을 나타냈다. 수분흡수율과 수분용해도는 품종간, 입도별 차이가 크게 나타났으며, 특히 수분용해도는 9.63%에서 13.24%로 입자 크기가 작아질수록 크게 증가하는 경향을 보였으며, 밀양3호의 경우에도 5.89%에서 8.27%로 증가하였다. 품종별, 분쇄단계별 분말의 호화 특성을 살펴본 결과, 두 품종간에 큰 차이를 나타냈으며, 밀양3호는 황금찰수수보다 호화개시온도, 최종점도 및 치반점도가 크게 나타났으나, 최고점도 및 강하점도는 황금찰수수가 밀양3호보다 높게 나타났다. 또한 치반점도의 경우 입자 크기별로 가장 큰 변화를 나타냈으며, 밀양3호의 경우 M1 및 M5는 각각 55.89 RVU 및 111.72 RVU를 나타내며 입도가 커질수록 약 2배 이상 증가하였다. 이상의 결과로 식품을 가공하는데 있어 수수 분말을 사용 시 적당한 특성의 분쇄방법을 선택하여 사용하는 것이 적절할 것이다.

## 감사의 글

본 연구는 2012년도 농촌진흥청 국립식량과학원 박사후연수과정지원사업에 의해 이루어진 것임.

## 참고문헌

- Anderson RA. 1982. Water absorption and solubility and amylograph characteristics of rolled-cooked small grain products. *Cereal Chem* 59:265-271
- Awika JM, Rooney LW, Wu X, Prior RL, Cisneros-Zevallos L. 2004. Screening methods to measure antioxidant activity of sorghum(*Sorghum bicolor*) and sorghum products. *J Agr Food Chem* 51:6657-6662
- Awika JM, Yang L, Browning JD, Faraj A. 2009. Comparative antioxidant, antiproliferative and phase II enzyme inducing potential of sorghum(*Sorghum bicolor*) varieties. *Food Sci Technol* 42:1041-1046
- Cha SM, Son BY, Lee JS, Baek SB, Kim SL, Ku JH, Hwang JJ, Song BH, Woo SH, Kwon YU, Kim JT. 2012. Effect of particle size on physico-chemical properties and antioxidant activity of corn silk powder. *Korean J Crop Sci* 57:41-50
- Chang HG, Park YS. 2005. Effects of waxy and normal sorghum flours on sponge cake properties. *Food Engine Prog* 9: 199-207
- Choi YH, Kang MY, Nam SH. 1998. Inhibition effect of various cereal and bean extracts on carcinogenicity *in vitro*. *Korean J Food Sci Technol* 30:964-969
- Chun AR, Song J, Hong HC, Son JR. 2005. Improvement of cooking properties by milling and blending in rice cultivar Goami2. *Korean J Crop Sci* 50:88-93
- Dicko MH, Gruppen H, Traore AS, van Berkel WJ, Voragen AG. 2005. Evaluation of the effect of germination on phenolic compounds and antioxidant activities in sorghum varieties. *J Agr Food Chem* 53:2581-2588
- Dykes L, Rooney LW, Waniska RD, Rooney WL. 2005. Phenolic compounds and antioxidant activity of sorghum grains of varying genotypes. *J Agr Food Chem* 53:6813-6818
- Dykes L, Rooney WL. 2006. Sorghum and millet phenols and antioxidants. *J Cereal Sci* 44:236-251
- Han MR, Chang Mj, MH Kim. 2007. Investigation of physical property change in modified rice starch by ultra fine pulverization. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 50:160-166
- Han MR, Kim AJ, Chang MJ, Lee SJ, Kim HS, Kim MH. 2009. Investigation of physical property change in modified corn starch by ultra fine pulverization. *Food Engine Prog* 13: 335-340
- Joung YM, Lee KS, Hwang SY, Son MJ, Lee KY. 2010. Effect of *Lilium davidi's* root powder additions on the rheology of the dough and processing adaptability for bread. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:287-293
- Kim JS, Lee SH, Lee HY, Kim KH, Kim YI. 1993. Effects of different milling methods on physico-chemical properties and products. *Korean J Food Sci Technol* 25:546-551
- Kim KE, Kim SS, Lee YT. 2010. Physicochemical properties of flours prepared from sweet potatoes with different flesh colors. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:1476-1480
- Kim WS, Shin M. 2007. The properties of rice flours prepared by dry- and wet-milling of soaked glutinous and normal grains. *Korean J Food Cookery Sci* 23:908-918
- Ku KH, Park DJ, Kim SH. 1996. Characteristics and application of sobean hull fractions obtained by Microparticulation/Ari-Classification. *Korean J Food Sci Technol* 28:506-516
- Kwak CS, Lim SJ, Kim SA, Park SC, Lee MS. 2004. Antioxidative and antimutagenic effects of Korean buckwheat, sorghum, millet, and job's tears. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33:921-929
- Lee JS, Woo KS, Chun A, Na JY, Kim KJ. 2009. Waxy rice variety-dependent variations in physicochemical characteristics



- of sogokju, a Korean traditional rice wine. *Korean J Crop Sci* 54:172-180
- Lee YT, Kim Yeonu. 2011. Physicochemical properties of brown rice flours differing in amylose content prepared by different milling methods. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40:1797-1801
- Lee YT, Seog HM, Cho MK, Kim SS. 1996. Physicochemical properties of hull-less barley flours prepared with different grinding mills. *Korea J Food Nutr* 28:1078-1083
- Park YK, Seong HM, Nam YJ, Shin DH. 1988. Physicochemical properties of various milled rice flours. *Korean J Food Sci Technol* 20:504-510
- Ryu HS, Kim J, Kim HS. 2006. Enhancing effect of *Sorghum bicolor* L. Moench(sorghum, su-su) extracts on mouse spleen and macrophage cell activation. *J Korean Diet Assoc* 19: 176-182
- Tsai PJ, Chen YS, Sheu CH, Chen CY. 2011. Effect of nanogrin-  
ding on the pigment and bioactivity of Djulis(*Chenopodium formosanum* Koidz). *J Agr Food Chem* 59:1814-1820
- Woo KS, Ko JY, Seo MC, Song SB, Oh BG, Lee JS, Kang JR, Nam MH. 2009. Physicochemical characteristics of the tofu (soybean curd) added sorghum(*Sorghum bicolor* L. Moench) powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38:1746-1752
- Woo KS, Seo MC, Kang JR, Ko JY, Song SB, Lee JS, Oh BG, Park GD, Lee YH, Nam MH, Jeong HS. 2010. Antioxidant compounds and antioxidant activities of the methanolic extracts from milling fractions of sorghum(*Sorghum bicolor* L. Moench). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:1695-1699

---

접 수 : 2012년 9월 7일  
 최종수정 : 2012년 9월 13일  
 채 택 : 2012년 9월 17일